

## 多量要素の供給欠除がトマトの水分消費に及ぼす影響

長井武雄\*・藤山英保\*・磯田英夫\*・成瀬敏弘\*

### The Effect of Macronutrient Deficiency on the Transpiration of Tomatoes Grown on Sand Dune Soil

Takeo NAGAI,\* Hideyasu FUJIYAMA,\* Hideo ISODA\*  
and Toshihiro NARUSE\*

#### Summary

The relationship between the inorganic nutrient contents of leaves and transpiration rates in tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL. cv. Daifuku) grown in different sand dune soils deficient in N, P, K, Ca, and Mg respectively were determined by pot experiments.

The total transpirations ( $\text{gH}_2\text{O} \cdot \text{pot}^{-1}$ ), which were measured for 48 hours from the 30th of August, were arranged in ascending order of the shoot dry weight. As compared to the rates of transpiration based on the leaf area, -N and -K were largest; -P was second; next in order were -Mg, -Ca and complete supply of fertilizer. On the other hand, the transpiration rate based on the dry leaf matter, i. e.  $\text{gH}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1}$  was given by

$$Y = 44.96 \text{CaO} - 29.36 \text{MgO} + 30.2 \quad (R = 0.936)$$

where, CaO and MgO = percentage of lime and magnesia in the leaf, respectively, on the basis of dry matter.

The stomatal resistance of leaves deficient in N, P and Mg, respectively, increased remarkably in proportion to decreases in these nutrient contents of the leaves. The deficiencies in K or Ca, however, had little effect on the stomatal resistance. In leaves picked from plants deficient in K or Mg, the accumulative amounts of dehydration with lapse of time since picking of the leaves, were larger than those from the plants, which received other fertilizer treatments. Accordingly, the former plants were considered to be low in resistance to drought.

---

\*鳥取大学農学部資源利用化学講座

\*Laboratory of Crop Nutrition, Faculty of Agriculture, Tottori University

## 緒 言

夏期、砂丘畑においては作物の必要量を満たすことの他に、著しい地表温の上昇を抑えるための灌水も必要である。一般的には、常時灌水が肥料の流亡を増大させることは明らかで、流亡する肥料を増投によって補うとすれば、これによって引き起こされる濃度障害を避けるために灌水量の増加が必要となり、過灌水に落ち入りかねない。もし、不適当な水管理や肥培管理がくり返えされると、作物に対する養分供給のバランスがくずれて減収や収穫物の品質低下を招くことになる。このような事態をさけるためには、施肥量とこれに組み合わせるべき必要最少限の水量を明らかにし、出来るだけ効率のよい水利用を計らねばならない。

以上の観点から、効率のよい水利用を計るための基礎試料を得るために、先にポット試験によって砂丘畑土壌にヒマワリを栽培し、無機栄養条件と蒸散速度との関係について若干の検討を行った<sup>7,8)</sup>。その結果、単位葉面積当たりの蒸散量は生育の劣った区で大きかったが、蒸散速度と葉中の無機要素濃度との間には密接な関係が認められ、NやCaO含有率が高く、MgO含有率の低い場合に蒸散速度が増大した。

また、肥料の施与レベルの面から検討すると、り

ん酸や苦土肥料の施与レベルが最も低い処理区で蒸散速度が大きな値を示した。そしてこれらの試験結果から、砂丘畑では開墾後年数を経るにつれてKが集積していく傾向のあることが明らかにされているので<sup>5)</sup>、Mgの吸収がKの影響を受けやすく、かつMgが生育の制限因子となりやすい作物を砂丘畑で栽培するにあたっては、苦土肥料の施用についての格別の配慮が水分経済の上からも必要であると思われた。

しかし、これらの実験結果にもかかわらず、既往の試験成績<sup>2,3)</sup>からMgが水の有効利用、あるいは要水量に与える影響は比較的低いものと考えられている。このようなMgについての結果は作物の種類によっても異なると考えられるので、本研究では、さらにトマトについても砂丘畑土壌でポット栽培し、N、P、K、CaおよびMgなどの要素の欠除処理を行って、この処理が水分消費量に及ぼす影響を検討することにした。

## 実 験

### 1. 多量要素の供給欠除が蒸散速度に及ぼす影響

#### (A) 材料および方法

トマト (*Lycopersicon esculentum* MILL cv. Daifuku) のポット栽培に供した砂丘畑土壌の性質を第1表に示した。

第1表 供試土壌の性質

(乾土100g)

pH		N	C	CEC	交換性塩基 (me)				可給態 (mg)	
H <sub>2</sub> O	KCl	(%)	(%)	(me)	Na	K	Ca	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O**
6.2	5.2	0.103	0.036	1.78	0.09	0.08	0.40	0.69	1.63	2.66

\*) Bray II法。

\*\*) N-酢安抽出。

試験区は完全、-N、-P、-K、-Ca、-Mgの6区である。完全区に対する施肥量は1ポット当たりN 0.8、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.6、K<sub>2</sub>O 0.6、CaO 0.2、MgO 0.2gとし、それぞれ化学試薬(一級)のNH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>、NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O、KCl、CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O、MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>Oで与えた。Nは1/4(0.2g)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>Oは1/3(0.2g)、CaOとMgOは全量(0.2g)を基肥とし、三要素の残りはN 3回、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>Oは2回に分けて、それぞれ0.2g

ずつを適宜に追肥として与えた。-Nと-P区は当該要素の0.2gのみを完全区と同様に基肥として与えた。他方、-K、-Caおよび-Mg区はそれぞれ当該要素を全く与えなかった。

各区とも供試土壌4kgを5千分の1アールポットに詰め、1980年7月13日に基肥を液肥として与えると同時に、種子数粒を播種した。発芽後に適宜間引いて1本立てとした。8月30日(完全区の第13葉が

展開)の午後3時から9月1日午後3時に至るまでの48時間の蒸散量を、この間におけるポットの重量減から求めた。その測定法は既報ヒマワリ<sup>2)</sup>の場合と同じである。

蒸散量の測定後、植物体の地上部を収穫して葉身と茎(葉柄を含む)に分け、葉は直ちに新鮮重を測定したのち葉面積の測定に供した。収穫物を60℃で通風乾燥して乾物重を測定したが、葉については乾

燥物を粉碎後ケルダール法、あるいは混酸による湿式分解法によって分解し、分解液につきN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、CaOおよびMgOを定量した。

(B) 実験結果

試験終了時の葉重、葉面積、葉の水分含量、1ポット当たり48時間の蒸散量、葉乾物重1g当たり、および葉面積1dm<sup>2</sup>当たりの蒸散速度(48時間)などを第2表に示した。

第2表 各処理区の葉重、葉面積、葉の水分含量および蒸散速度

試験区	葉重 (g/pot)	葉面積 (dm <sup>2</sup> /pot)	葉水分含量		蒸散量*** (g/pot)	蒸散速度***	
			(g/g)*	(g/dm <sup>2</sup> )**		(g/g)*	(g/dm <sup>2</sup> )**
完全区	5.76c	20.75c	7.33b	2.03a	219d	38.0a	10.6a
-N区	1.71a	4.78a	6.78a	2.43b	83a	48.5bc	17.4d
-P区	3.47b	12.56b	7.52b	2.07a	188c	54.2cd	15.0c
-K区	3.51b	12.96b	7.35b	1.99a	213d	60.5d	16.4d
-Ca区	4.15b	14.37b	6.95a	2.01a	175b	42.2ab	12.0b
-Mg区	1.37a	7.07a	10.49c	2.04a	100a	73.0e	14.1c

1) 異文字間に5%レベルで有意差あり(Duncan's new multiple range testによる)。

2)\*: 葉の単位乾物重当たり, \*\*: 葉の単位面積当たり, \*\*\*: 48時間当たり。

葉重および葉面積を肥料処理によって比較すると、ともに完全区が最も大きく、-N区あるいは-Mg区が最も小さい。試験終了時の葉乾物重当たりの葉中水分量(%)は-Mg区が多く、葉面積当たりのそれ(g・dm<sup>-2</sup>)は-N区が多い。それぞれの場合、-Mg区あるいは-N区を除く他の4処理区間の差はきわめて小さい。それぞれ乾物重当たりと葉面積当たりの計算で-Mg区と-N区の順位が入れ替わるのは、両者における単位葉面積当たりの乾物重の差によるものである。

1ポット当たり蒸散量は48時間で83~219gであったが、供試砂丘畑土壌の初期しおれ点(2.5%)までの1ポット当たり4kgの土壌が保有する有効水分量<sup>4)</sup>は700g前後であるから、処理期間中の有効水分の利用は12~31%となる。この蒸散量(Y)と地上部乾物重(X)との関係は

$$Y = 24.7 X + 21.1 \quad (r = 0.917^{**}) \quad \text{..... ①-1}$$

となり、両者の相関係数は0.917<sup>\*\*</sup>であったが、前報<sup>8)</sup>ヒマワリの場合が0.956<sup>\*\*</sup>であったのに比べると、特に高い値とも言えない。

蒸散速度は葉乾物1g当たりでは-Mg>-K, -P>-N>-Ca>完全の順であるが、葉面積1dm<sup>2</sup>当たりでは-N, -K>-P, -Mg>-Ca>完全となり、何れの場合にも-K区は高い値を示す。また、他の区より生育の勝った完全区と-Ca区は低い蒸散速度を示す。

葉中の水分含量と蒸散速度との関係について相関係数を求めると、乾物当たりの場合は0.804、面積当たりの場合は0.579となり、必ずしも水分含量の高いものが蒸散速度を大きくしているとは限らない。葉の水分含量(LH)と葉中の無機要素含量(X)の関係について、それぞれ乾物重当たり(LHs)の場合は乾物中の百分率(%), 葉面積当たり(LHA)の場合は単位面積当たりの集積量(mg・dm<sup>-2</sup>)との間の相関係数を求めて第3表に示した。

また、5種要素のうちいずれか2種の組み合わせで最も高い重相関係数を示したのものについて、葉水分含量の重回帰式を求めると、

$$LHs = 0.585N + 1.127P_2O_5 + 3.05 \quad \text{..... ①-2}$$

(53.8%) (46.2%)

$$R = 0.906^*$$

$$LH_A = 8.05 \times 10^{-2} P_2O_5 + 4.41 \times 10^{-2} K_2O + 1.46 \dots\dots ①-3$$

(51.6%) (48.4%)

R = 0.981\*\*

となる。なお、括弧内の数値は偏回帰係数を標準化した、その合計値に対するそれぞれの割合を求めたものである。

第3表 葉の水分含量(LH)と葉中無機要素集積量(X)の間の相関係数

LH	X				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
葉乾物重(LHs)	0.752	0.687	0.068	0.579	-0.017
葉面積(LH <sub>A</sub> )	-0.962**	0.672	0.619	0.583	0.507

これらの式によると、NとP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>あるいはP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とK<sub>2</sub>Oの集積量が多い試料で、水分含量が高くなっている。このことは作物体が水ストレスを生じていない限り、葉の水分保有量と葉の無機組成との間には密接な関係のあることを示すものである。

つぎに、蒸散速度(TsまたはTA)と葉中無機要素含量(%またはmg・dm<sup>-2</sup>)との間の相関係数を第4表に示した。

第4表 蒸散速度(T)と葉中無機要素集積量(X)の間の相関係数

T	X				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
葉乾物重(Ts)	0.577	0.588	-0.045	0.819*	0.213
葉面積(TA)	-0.509	0.393	0.202	0.795*	0.437

いずれか2種要素の組み合わせで高い重相関を示した場合について、重回帰式を示すとつぎのとおりである。

$$Ts = 36.8CaO + 6.3K_2O - 56.14 \dots\dots ①-4$$

(71.0%) (29.0%)

R = 0.897\*

$$Ts = 45.0CaO - 29.4MgO + 30.2 \dots\dots ①-5$$

(66.8%) (33.2%)

R = 0.936\*

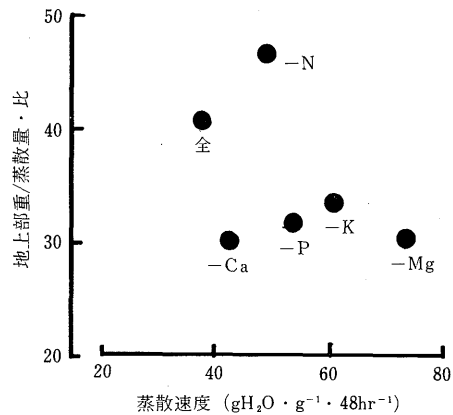
$$TA = 3.34CaO - 1.40MgO + 6.49 \dots\dots ①-6$$

(67.9%) (32.1%)

R = 0.876

CaOとK<sub>2</sub>OあるいはMgOとの組み合わせで高い重相関が得られているが、Ts、TAともにMgOが制限変数として機能しており、この点はヒマワリで得られた結果<sup>2)</sup>に一致している。本実験の場合、各区における葉単位面積当たりのN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O、CaO、MgO集積量はそれぞれ8.8~15.2、1.9~6.7、3.0~10.0、3.2~5.4および2.9~5.6 mg・dm<sup>-2</sup>の範囲であったが、この範囲内ではCaOの多い区は蒸散速度が高く、同じ程度のCaOが集積した区ではMgO量の少ないもので蒸散速度が高くなっている。

第1図に蒸散速度(Ts)と地上部重/蒸散量・比の関係を示した。



第1図 蒸散速度(Ts)と地上部重/蒸散量・比の関係

この比、すなわち1gの水消費によって生存を維持できる地上部量(乾物重)は完全区と-N区が高く、他の4区は低くなっている。-Mg区を除くと、両グループともにTsが大きいとこの比がより増大する傾向がある。-Mg区の場合はTsが最も大きいにも拘らず比は小さい。この区では、他の区ほどには消費される水分が効率よく生存の維持に利用されていないことを示すものであろう。

## 2. 葉中の無機要素濃度と気孔抵抗の関係

前項1の実験においては2種要素を対象として、その葉中の集積量と蒸散速度との関係を求めたとき、CaOとMgOの組み合わせで高い重相関係数を示した。しかし、この結果を導いた要素の濃度範囲は、あくまでも施行した実験条件に規定されたものであるから、本項の実験では、さらに試料中の各種要素濃度がより広い分布を示す作物体について、試料葉の気孔抵抗を測定して、無機要素含量と蒸散速度の関係を再検討することにした。

### (A) 材料および方法

水分保持能が出来るだけ砂丘畑土壌に類似するように、粒径が3.0~2.0, 1.0~0.2, 0.2~0.05mmの石英砂をそれぞれ75:15:10の割合で混合したものを5千分の1アールポットに15cmの厚さに詰め、これに標準培養液あるいは5種多量要素をそれぞれ欠除した培養液を掛け流してトマト(品種は大福)を栽培した。標準培養液の要素濃度(ppm)はつぎのとおりである。N 200, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80, K<sub>2</sub>O 350, CaO 200, MgO 80, Fe 2.8, Mn 1.0, Cu 0.07, Zn 0.10, Mo 0.008 および B 0.52。

1982年7月2日に播種し、発芽揃いの後、はじめは予備培養期間として7月20日まで全てのポットに共通に、1/2濃度の標準培養液を与えた。7月20日に本処理を開始したが、ポットを2群に分け、1群には標準培養液、他には各要素を欠除した培養液を与えた。培養液の供給は1日1回200mlを標準とし、掛け流しで与えたが、ポットの排水口にガラス曲管を付して常に底部から5cmの高さに水位が保たれるように調節した。

7月30日に至って、当初から標準培養液を与えて栽培を継続したポットのうち、半数にそれぞれの要素の欠除処理を施した。また8月11日には、かねて7月20日から要素欠除処理を施したポットを標準培養液処理に移した。したがって、本実験の各要素についての処理内容は当初から供給を続けたもの(++)、途中から当該要素を欠除したもの(+-)、当初から要素欠除を続けたもの(-)および途中から当該要素を供給したもの(-+)の4区からなる。

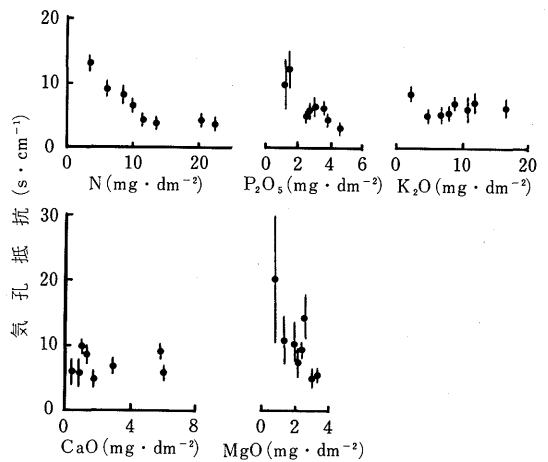
8月21日から8月30日までの間、逐次各要素につ

いて4種処理区の第6複葉および第10複葉の尖頂葉を対象として、その裏面の気孔抵抗をポロメーター(Li-Cor.社, LT-700型)を用いて測定した。測定はガラス室内で行ったが、気象条件が何れの場合も互に類似した晴天の日中13時から15時までの間、測定葉の表面温度が29.0~31.0℃を示す時を選んだ。

気孔抵抗の測定後、直ちに測定葉を摘み取り、葉面積を測定してから乾燥、秤量し、さらにケルゲール分解あるいは湿式分解を行ってそれぞれの無機要素を定量した。

### (B) 実験結果

5種の要素について、それぞれ4処理を行った作物体の上下2個の葉試料の気孔抵抗と無機要素集積量(mg·dm<sup>-2</sup>)の関係を要素ごとに示すと、第2図のようになる。



第2図 葉中の無機要素集積量と気孔抵抗の関係

これによると、N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MgOの場合は集積量によって気孔抵抗にかなりの差異がみられている。しかし、K<sub>2</sub>OおよびCaOの場合は集積量による差異は少ない。前三者の場合は、集積量がそれぞれ10mg, 1.2mgおよび1.0mg以下の試料葉で著しく気孔抵抗が増大している。とくにNの場合は、集積量の減少に伴って抵抗が漸増する傾向にあるのに対して、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびMgOの場合は比較集積量の多い範囲では、その減少につれて抵抗が漸増している。しかし、さらに集積量が減少していくと、抵抗値は一度減少したのち再び急増して行く傾向がある。

K<sub>2</sub>O, CaO の場合はそれぞれ 10mg および 6 mg 以下の集積量で、その減少に伴って抵抗値は低下するが、集積量がさらに減少すると、K<sub>2</sub>O では 1 mg 以下、また CaO では 1 mg 前後で気孔抵抗値が多少高まっている。

### 3. 葉中の無機要素濃度と摘み取り後の葉の保水性との関係

砂丘畑土壌で水分が不足し、根から地上部への水の補給が断たれて植物が水ストレスを生じている場合の葉の水分保持力に対し、葉中無機要素が如何に関わっているかを明らかにするために、トマトをポット栽培し、5種多量要素の欠除処理を行った作物体から中位葉を摘み取り、その後の時間経過に伴う葉中水分含量の変化を調査した。

#### (A) 材料および方法

供試土壌、トマトの品種、作物に対する肥料処理の内容は実験1の場合と同様である。1981年5月9日に播種し、発芽後適時に間引いて1本立てとした。7月1日および7月3日の2回、各処理区の個体からそれぞれ第5表に示した葉位の複葉を対象に、その尖頂葉を摘み取り、直ちに秤量したのち裏面を表にして室内(天秤室)の窓際の机の上に置いた。

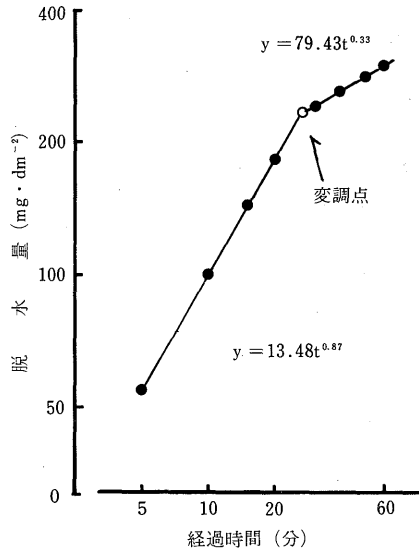
葉を摘み取るまでは植物体を屋外に置き、摘み取った尖頂葉をビニール袋に入れて天秤室まで運んだ。そして、はじめ1回目の重量測定は葉を摘み取ってから1分以内に行うようにした。はじめ20~30分間は5分毎、それ以降は10分毎に重量を測定して、時間経過に伴う重量の減少量を求めた。7月1日および3日の天秤室内の気温と相対湿度は、それぞれ21℃、72%および27℃、75%であった。

この実験における時間経過と葉重変化(脱水量)の関係(脱水曲線)の1例を第3図に示した。

これによると、摘み取った葉の脱水曲線は変調点で連結した2個の冪関数から成り立っている。本実験では試料葉の水分特性を、摘葉後変調点に至るまでに要した時間(分)、それまでに失った水分量、摘葉直後、変調点および摘葉60分後のそれぞれの脱水速度(mg・dm<sup>-2</sup>・hr<sup>-1</sup>)をもって比較することにした。

#### (B) 実験結果

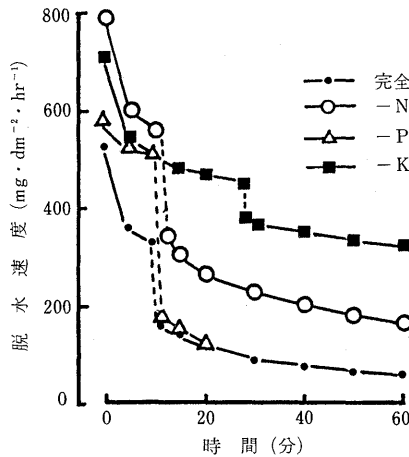
各試料について脱水量から求めた冪関数を基に摘



第3図 摘み取り後の時間経過と葉の脱水量

葉直後、5分後、変調点および60分後における脱水速度を算出して第5表に示した。

また、3要素それぞれを欠除した葉の摘み取り後の時間経過に伴う脱水速度の変化を、室温27℃の場合について第4図に、さらに1回目の重量測定時から変調点に至るまでに要した時間(分)とそれまでに失った水分量(mg・dm<sup>-2</sup>)との関係を第5図に示した。



第4図 摘み取り後の時間経過に伴う脱水速度の変化

(室温27℃, 相対湿度75%)

第5表 供試葉の脱水速度

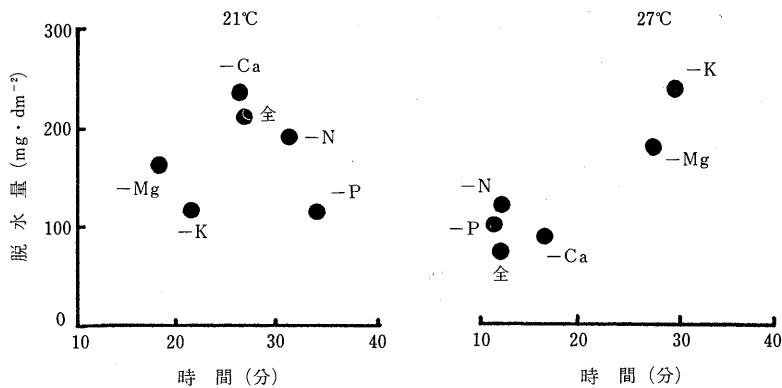
(気温21℃, 相対湿度72%)

試験区	葉位	葉面積 (dm <sup>2</sup> )	乾物重 (g/dm <sup>2</sup> )	含水量 (g/dm <sup>2</sup> )	脱水速度 (mg/dm <sup>2</sup> /hr)*			
					摘葉直後	5分後	変調点	60分後
完全区	7	150.9	0.305	2.497	466	491	181	108
-N区	5	43.2	0.612	2.409	658	409	142	96
-P区	7	92.3	0.410	2.249	973	267	89	64
-K区	6	79.2	0.241	2.025	285	329	300	272
-Ca区	6	111.9	0.285	2.260	595	548	149	83
-Mg区	6	94.1	0.399	2.496	600	583	270	142

(気温27℃, 相対湿度75%)

完全区	8	172.9	0.392	2.674	524	364	160	65
-N区	5	49.6	0.633	2.523	791	600	338	169
-P区	7	86.0	0.404	2.101	577	527	176	61
-K区	6	55.7	0.262	2.110	715	540	382	327
-Ca区	6	169.9	0.328	2.477	594	340	155	78
-Mg区	6	103.4	0.375	2.830	695	429	251	191

\*) はじめ1分間の脱水量を60倍したものの。



第5図 摘み取り後変調点に至るまでの時間とそれまでの脱水量

脱水速度は変調点を過ぎると著しく減少するが、摘葉後時間の経過に伴う脱水速度の減少は、21℃の完全区と-K区を除いて、変調点に至るまでは急速に、そしてそれ以降は緩慢である。摘葉して60分後の脱水速度は-K区と-Mg区が大きく、これに比べると-P区や-Ca区は小さい。また、摘葉後変調点に至るまでの時間(分)も肥料処理の内容、測定時の気温によって異っており、気温21℃では-K区と-Mg区が他の区より短かく、摘葉後25分以内に變調点に達している。しかし気温が27℃では、これら両区は變調点に至るまでの時間が他の4区より

長く、摘葉後25分以上を要し、かつ多量の水分を失う結果になっている。

以上に述べたような葉の水分特性は立毛の個体とは異って、摘葉後は失う水分が補給されることが無いので葉中に保有する水分も脱水速度に影響すると考えられる。そこで葉単位面積当たりの水分量(LHA, g·dm<sup>-2</sup>)と無機要素量(mg·dm<sup>-2</sup>)の脱水速度に対する重相関を求めると、例えば気温21℃では、摘葉直後の脱水速度(T, mg·dm<sup>-2</sup>, hr<sup>-1</sup>)は次の回帰式が示すとおり、K集積量が高い重相関係数を示した。

$$T = -1093.2LHa + 86.0K + 2392 \quad \dots\dots \textcircled{3}-1$$

(38.1%) (61.9%)  
R = 0.932\*

この式によれば、水分含量が小さく K 集積量が多い試料で脱水速度が大きくなっていることがわかる。このことから、無機要素の効果としては細胞液中の濃度が脱水速度に効いてくると考えられるので、変調点および摘葉60分後における葉水分中の無機要素濃度を算出し、これと脱水速度 (Ta, mg · dm<sup>-2</sup> · hr<sup>-1</sup>) との間の相関係数を求めて第 6 表に示した。

これによると、P や Ca 濃度は正の相関を、そして K あるいは Mg は負の相関を示している。それぞれ 2 種要素を互に組み合わせて重相関を求めると、次の場合に高い相関が得られた。

21°C, 変調点:

$$T_A = 1407P - 1748Mg + 167.6 \quad \dots\dots \textcircled{3}-2$$

(50.8%) (49.2%)  
R = 0.962\*

21°C, 60分後:

$$T_A = 517.7Ca - 359.6K + 214.9 \quad \dots\dots \textcircled{3}-3$$

(31.9%) (68.1%)  
R = 0.979\*\*

27°C, 変調点:

$$T_A = 2339P + 491Ca + 7.8 \quad \dots\dots \textcircled{3}-4$$

(76.2%) (23.8%)  
R = 0.912\*

27°C, 60分後:

$$T_A = 205.8N + 2463P - 210.6 \quad \dots\dots \textcircled{3}-5$$

(32.9%) (67.1%)  
R = 0.979\*\*

第 6 表 変調点および60分後における脱水速度 (Ta) と葉水分中の無機要素濃度 (%) との間の相関係数

Ta	X				
	N	P	K	Ca	Mg
21°C 変調点	0.353	0.706	-0.774	0.738	-0.689
21°C 60分後	0.572	0.692	-0.909**	0.596	-0.489
27°C 変調点	-0.044	0.881**	-0.429	0.501	-0.076
27°C 60分後	0.365	0.873*	-0.710	0.697	-0.285

この結果から、気温が21°Cのときは葉の水分が減り、はじめは Mg がそして後には K が濃縮されるにつれて脱水速度が減少していくこと、そして気温が高く27°Cのときは、仮りに水分含量が多い場合でも N や P、ときには Ca 濃度が低いと、脱水速度は小さいことがわかる。

つぎに変調点に致るまでの時間 (t) について、同様に重回帰を求めるとつぎのとおりである。

21°C, 相対湿度72%:

$$t = 151.4Mg - 91.5P + 19.53 \quad \dots\dots \textcircled{3}-6$$

(57.5%) (42.5%)  
R = 0.931\*

27°C, 相対湿度75%:

$$t = 44.9N + 340P + 26.7K - 50.6 \quad \dots\dots \textcircled{3}-7$$

(33.0%) (44.5%) (18.5%)  
R = 0.953\*

すなわち、21°Cでは Mg 濃度が低く P 濃度が高いと、また27°Cでは N や P 濃度が低いとそれぞれ短時間で変調点に達することを示している。

考 察

従来、トウモロコシ、ムギ類などの畑作物について、これらが消費する水分の乾物生産に対する効率を調査した成績によると、これには Ca や Mg より N や P が深く関係し、窒素や燐酸肥料の補給によって作物の水利用が著しく好転することが指摘されている<sup>2,3)</sup>。

にもかかわらず、前報<sup>7,8)</sup>におけるヒマワリの場合と同様に、本研究におけるトマトでも葉中の無機要素 2 種を説明変数とした場合には CaO と MgO、あるいは CaO と K<sub>2</sub>O の集積が蒸散速度と密接な関わりを持つことが示された。これらの結果と類似の



成績は種々の肥料処理を施し、土耕試験で日本ナシの苗木を栽培した実験<sup>6)</sup>においても得られている。日本ナシではMgの葉中集積量 ( $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ ) が少ない処理区で蒸散速度が大きくなる傾向がみられている。

勿論、本研究では乾物生産速度を全く考慮していないので、得られた結果を要水量もしくは蒸散能率と軌を一にして論ずるわけにはいかないと思う。本研究の結果を、生育の現段階すなわち蒸散速度測定の時点で、水ストレスを回避するために必要な水分量が -Mg 区では生育の割に他の区より多くなっていることを示しているもの、として理解すれば、この意味でMgOの葉中含量は水分の効率的な利用に対して大きな影響をもっていると言うことが出来る。一般砂丘畑ではとくに苦土肥料の施与は考慮されていないので、Mgが生育の制限因子として作用していないまでも、潜在的な不足である場合が多いと考えられる。このような場合、葉中のMgO集積量を増大させることは過大である蒸散速度 ( $T_s$ ) の低下につながり、ひいては水利用の効率を高めることになると考えられる。

CaOが不足している場合には、第1図にも明らかなように、完全区との間の蒸散速度 ( $T_s$ ) の差は小さい。しかし、栄養ストレスも加わって生育量は小さいので、生存を維持するための水利用の効率が低くなっていると判断された。トマトはCaO吸収量がN並か、これより大きい作物であるが、この外にもCaO吸収量の多い作物を砂丘畑で栽培するにあたっては、石灰質肥料の供給に留意し、体内のCaO濃度を適正に保つことが効果的な水利用にとっても必要である。

APARICO<sup>ら</sup><sup>1)</sup>はトウモロコシについて試験を行い、Mgが水ポテンシャルに影響を与えるためには、彼らが試験をして得たデータよりMgの含量差が大きくならなければならないであろうと述べている。これは蒸散速度と要素含量の関係については、含量が広範囲の試料について検討すべきであることを指摘するもので、本研究において得られた結果も、葉中濃度の範囲によって蒸散速度に与える影響が異なっている。すなわち、第2図によると極端に葉中濃度が低下したときは、N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、MgOの場合気孔抵抗が増

大しているが、軽度の欠乏のときには、Nを除き抵抗は多少減少している。本実験においては、要素濃度の減少により気孔抵抗の減少、すなわち蒸散速度が多少とも増大した要素含量の範囲は、それぞれ  $\text{P}_2\text{O}_5$  0.7~1.0,  $\text{K}_2\text{O}$  2~5, CaO 1~3, MgO 0.9~1.3  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$  であった。

これらの結果から、生育の後半に要素が不足するときには、PやKでは下位葉の濃度が低下して蒸散速度が増大する場合もあると考えられる。また、Caのように上位葉に不足を生ずる場合でも、不足によって蒸散速度の減少はなく、むしろ増大する可能性がある。したがって、砂丘畑では水分経済の上からも生育後半の肥培管理に格別の配慮が必要であろう。

さらに本研究では、砂丘畑土壌で水分が不足し、根から地上部への水の補給が断たれる場合を想定して、摘み取った葉の脱水速度についても調査した。この場合、第5図に示したように、脱水速度に対する無機要素の効果は気温によっても異なっている。

21°Cのときは -Mg 区や -K 区が他の区より短時間で変調点に達し、それまでに失う水分はとりわけ多いとは言えないが、変調点に達したのちも失う水分量は多い。結局、-Mg 区は比較的初期から、また -K 区はこれよりは遅れて多量の水分を失う結果になっている。

今後における詳細な検討を要するが、変調点の以前と以降の脱水がもし気孔の開閉に対応したものであるとすれば、この両区は短時間内に気孔が閉鎖したとしても、さらにその後には多量の水分を失うだけに保水性が低いことになる。

一方、27°Cでは -K 区や -Mg 区は他の区より変調点に至るのが遅れており、その間に多くの水分を失うばかりでなく、それ以降も脱水速度が大きいため、気温が上昇して蒸散量が増大する条件下では一層耐干性が劣ると言わねばならない。

## 要 約

砂丘畑土壌を供試して5千分の1アールポットでトマトを栽培し、それぞれN、P、K、CaおよびMgの供給欠除が作物の水分消費に及ぼす影響を検討した。

(1) 1980年8月30日の午後3時から48時間にわた

り、各区の蒸散量を測定した。1ポット当たり蒸散量は83~219gで、完全 $>-P>-K, -Ca>-N, -Mg$ であった。しかし、葉乾物1g当たりの蒸散量は $-Mg>-K, -P>-N>-Ca>$ 完全、また葉面積1dm<sup>2</sup>当たりの蒸散量は $-N, -K>-P, -Mg>-Ca>$ 完全であった。

(2) いずれか2種の要素の組み合わせで、蒸散速度( $T_s: gH_2O \cdot g^{-1} \cdot 48hr^{-1}$ ,  $T_A: gH_2O \cdot dm^{-2} \cdot 48hr^{-1}$ )と葉中要素含量( $T_s: \%$ ,  $T_A: mg \cdot dm^{-2}$ )との間で高い重相関を示した要素はCaとMgで、重回式( $n=6$ )は

$$T_s = 45.0CaO - 29.4MgO + 30.2 \quad R = 0.936^*$$

$$T_A = 3.34CaO - 1.40MgO + 6.49 \quad R = 0.876$$

であった。

(3) 1982年8月下旬、石英砂を用いて砂耕培養したトマトの第6および第10複葉の尖頂葉を対象に、ポロメーターを用いて気孔抵抗を測定した結果、それぞれN, P, およびMgに著しく欠乏すると気孔抵抗は増大したが、KやCaに欠乏した場合には気孔抵抗の増大は明らかでなく、欠乏の程度によってはかえって減少した。

(4) 1981年7月上旬、摘み取った葉について時間経過に伴う脱水量を調査した結果、 $-K$ 区と $-Mg$ 区は摘葉後他の区より多量の水分を失うが、気温が高いときは一層脱水速度が増大しており、耐干性が劣ると考えられた。

## 引用文献

1. APARICO TEIJO, P.M. and J.S. BOYER. 1983. Magnesium nutrition and grain yield of maize having low water potential. *Agron. J.* 75: 919~922.
2. 石塚喜明. 1947. 小麦の生育と養分の吸収及利用に関する肥料学的基礎研究. *寒地農学*. 1: 1~194.
3. 玉井虎太郎. 1961. 水分生理編(作物生理講座, 第3巻). 朝倉書店, 東京. p. 51.
4. 遠山正瑛・林 真二. 1954. 砂丘地の園芸的利用に関する研究(第1報). 灌水, 有機物施用及客土が砂丘土壌の水分に及ぼす影響. *鳥取農学報*. 10: 19~35.
5. 長井武雄・藤山英保・紫原寿男. 1981. 砂丘土壌の養分供給力について. *砂丘研究*. 28: 1~6.
6. 長井武雄・萩原富士男・植原桂治. 1983. 日本ナシ(二十世紀)葉の保水性と果実の品質に関する土壌肥料学的研究(Ⅲ). 火山灰土壌に対するカリ, カルシウム及びマグネシウム肥料の供給レベルが苗木の蒸散量に及ぼす影響. *鳥大農研報*. 35: 1~7.
7. 長井武雄・藤山英保・磯田英雄. 1984. ヒマワリの葉中無機要素濃度と蒸散速度との関係. *鳥取大砂丘研報*. 23: 65~71.
8. 長井武雄・藤山英保・磯田英雄. 1985. 砂丘土壌における多量要素の供給欠除がヒマワリの蒸散量に及ぼす影響. *鳥取大砂丘研報*. 24: 51~57.